

(12) NACH DEM VERTRAG ÜBER DIE INTERNATIONALE ZUSAMMENARBEIT AUF DEM GEBIET DES
PATENTWESENS (PCT) VERÖFFENTLICHTE INTERNATIONALE ANMELDUNG

(19) Weltorganisation für geistiges Eigentum
Internationales Büro



(43) Internationales Veröffentlichungsdatum
1. Dezember 2005 (01.12.2005)

PCT

(10) Internationale Veröffentlichungsnummer
WO 2005/113219 A1

(51) Internationale Patentklassifikation⁷: **B29C 67/00**

(21) Internationales Aktenzeichen: PCT/DE2005/000950

(22) Internationales Anmeldedatum:
24. Mai 2005 (24.05.2005)

(25) Einreichungssprache: Deutsch

(26) Veröffentlichungssprache: Deutsch

(30) Angaben zur Priorität:
10 2004 025 374.9 24. Mai 2004 (24.05.2004) DE

(71) Anmelder (für alle Bestimmungsstaaten mit Ausnahme
von US): **TECHNISCHE UNIVERSITÄT BERLIN**

[DE/DE]; Strasse des 17. Juni 135, 10623 Berlin (DE).
VOXELJET TECHNOLOGY GMBH [DE/DE]; Am
Mittleren Moos 15, 86167 Augsburg (DE). **INSTITUT
FÜR POLYMERFORSCHUNG DRESDEN E.V.**
[DE/DE]; Hohe Strasse 6, 01069 Dresden (DE).

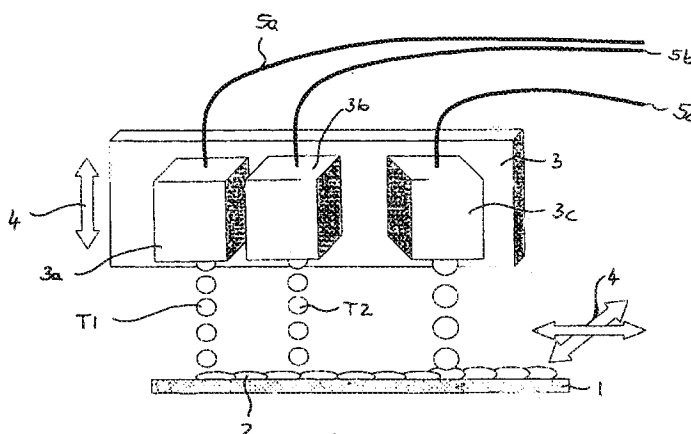
(72) Erfinder; und

(75) Erfinder/Anmelder (nur für US): **ELSNER, Philip**
[DE/DE]; Faickensteinstrasse 15, 10997 Berlin (DE).
DREHER, Stefan [DE/DE]; Zionskirchstrasse 57, 10119
Berlin (DE). **EDERER, Ingo** [DE/DE]; c/o Voxeljet Tech-
nology GmbH, Am Mittleren Moos 15, 86167 Augsburg
(DE). **VOIT, Brigitte** [DE/DE]; c/o IPF Dresden E.V.,
Hohe Strasse 6, 01069 Dresden (DE). **JANKE, Gudrun**
[DE/DE]; c/o IPF Dresden E.V., Hohe Strasse 6, 01069
Dresden (DE). **STEPHAN, Michael** [DE/DE]; c/o IPF
Dresden E.V., Hohe Strasse 6, 01069 Dresden (DE).

[Fortsetzung auf der nächsten Seite]

(54) Title: METHOD AND DEVICE FOR PRODUCTION OF A THREE-DIMENSIONAL ARTICLE

(54) Bezeichnung: VERFAHREN UND VORRICHTUNG ZUM HERSTELLEN EINES DREIDIMENSIONALEN ARTIKELS



(57) Abstract: The invention relates to a method and device for production of a three-dimensional article from a material, by means of layered application. According to the invention, a dropwise application is carried out, whereby drops of reaction components are ejected by a nozzle arrangement (3) and applied to a base reaction component (2), arranged on a substrate (1). The material for the three-dimensional article is formed in layers, with reaction of the base reaction component (2) with reaction components on contact, whereby the material is formed on a reaction of the base reaction component with one of the reaction components to give a material with one material property and on another reaction of the base reaction component with another of the reaction components to give a material with another material property. On production of the three-dimensional article, an article section is produced in which a gradual transition between the one material property and the other material property is generated.

(57) Zusammenfassung: Die Erfindung bezieht sich auf ein Verfahren und eine Vorrichtung zum Herstellen eines dreidimensionalen Artikels aus einem Material mittels schichtweisem Auftrag. Bei dem Verfahren wird ein Tropfenauftrag ausgeführt, bei dem Tropfen von Reaktionskomponenten mittels einer Düsenanordnung (3) ausgestossen und auf eine Basisreaktionskomponente

[Fortsetzung auf der nächsten Seite]

WO 2005/113219 A1



(74) **Anwälte:** BITTNER, Thomas, L. usw.; Boehmert & Boehmert, Hollerallee 32, 28209 Bremen (DE).

(81) **Bestimmungsstaaten** (soweit nicht anders angegeben, für jede verfügbare nationale Schutzrechtsart): AE, AG, AL, AM, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CN, CO, CR, CU, CZ, DK, DM, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, HR, HU, ID, IL, IN, IS, JP, KE, KG, KM, KP, KR, KZ, LC, LK, LR, LS, LT, LU, LV, MA, MD, MG, MK, MN, MW, MX, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PG, PH, PL, PT, RO, RU, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SM, SY, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, YU, ZA, ZM, ZW.

(84) **Bestimmungsstaaten** (soweit nicht anders angegeben, für jede verfügbare regionale Schutzrechtsart): ARIPO (BW, GH, GM, KE, LS, MW, MZ, NA, SD, SL, SZ, TZ, UG,

ZM, ZW), eurasisches (AM, AZ, BY, KG, KZ, MD, RU, TJ, TM), europäisches (AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, MC, NL, PL, PT, RO, SE, SI, SK, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

Veröffentlicht:

- mit internationalem Recherchenbericht
- vor Ablauf der für Änderungen der Ansprüche geltenden Frist; Veröffentlichung wird wiederholt, falls Änderungen eintreffen

Zur Erklärung der Zweibuchstaben-Codes und der anderen Abkürzungen wird auf die Erklärungen ("Guidance Notes on Codes and Abbreviations") am Anfang jeder regulären Ausgabe der PCT-Gazette verwiesen.

(2), die auf einem Substrat (1) angeordnet ist, aufgetragen werden. Das Material für den dreidimensionalen Artikel wird schichtweise gebildet, wenn bei Kontakt die Basisreaktionskomponente (2) mit den Reaktionskomponenten jeweils reagiert, wobei das Material bei einer Reaktion der Basisreaktionskomponente mit einer der Reaktionskomponenten als Material mit einer Materialeigenschaft und bei einer anderen Reaktion der Basisreaktionskomponente mit einer anderen der Reaktionskomponenten als Material mit einer anderen Materialeigenschaft gebildet wird. Bei der Herstellung des dreidimensionalen Artikels wird ein Artikelabschnitt erzeugt, in welchem ein gradueller Übergang zwischen der einen Materialeigenschaft und der anderen Materialeigenschaft gebildet ist.

Verfahren und Vorrichtung zum Herstellen eines dreidimensionalen Artikels

Die Erfindung bezieht sich auf ein Verfahren und eine Vorrichtung zum Herstellen eines dreidimensionalen Artikels aus einem Material mittels schichtweisem Auftrag.

Derartige Verfahren werden beispielsweise genutzt, um Modelle von dreidimensionalen Körpern zu erzeugen, was auch als „Rapid Prototyping“ bezeichnet wird. Unter „Rapid Prototyping“ wird der Technologiebereich zusammengefaßt, der sich mit der schnellen und automatischen generativen Herstellung von dreidimensionalen Objekten beschäftigt. Hierbei wird ein CAD-Modell des herzustellenden Objektes mittels eines geeigneten Softwareprogramms in horizontale Schnitte zerlegt und die zweidimensionalen Schnitte dann sequentiell in einem geeigneten Verfahren in reale Schichten des Objektes umgesetzt und so das Objekt vollständig schichtweise aufgebaut.

Bekannte Verfahren, die eine hochfrequente Mikro-Tropfendosierung zum Aufbau von dreidimensionalen Kunststoffbauteilen nutzen, wie sie beispielsweise mittels Ink-Jet-Düsen realisiert wird, sind das 3D-Printing (3DP), das Ballistic Modeling (BPM) und das Ink-Jet Drucken.

Das 3D-Printing wird beispielsweise in dem Dokument US 5,204,055 beschrieben. Bei diesem Verfahren wird ein Binder in Tropfenform auf eine Pulverschicht dosiert, so daß das Pulver selektiv der Schnittinformation entsprechend verklebt wird. Nach dem Auftragen der nächsten Pulverschicht wird erneut der Binder ortsselektiv aufgetragen usw.. Das entstehende Bauteil besteht hauptsächlich aus dem aufgetragenen Pulver, nur der Binder wird mittels Ink-Jet-Düse aufgetragen. Aus der Sicht der Kunststoffverarbeitung können mit diesem Verfahren nur Ansichts-/Designmodelle hergestellt werden. Die entstehenden Bauteile weisen hinsichtlich ihrer Materialeigenschaften keinerlei Ähnlichkeit mit Kunststoffserienteilen auf.

In den Dokumenten US 4,665,492, US 5,134,569, US 5,216,616 und US 5,555,176 wird ein als „Ballistic Particle Manufacturing“ (BPM) bekanntes Verfahren beschrieben. Bei dem Verfahren wird das eigentliche Baumaterial für das Objekt als Masseteilchen oder Tröpfchen mittels 5-achsig arbeitendem Dispenser auf vorher ausgehärtete Schichten des Objektes aufgetragen. Zur Erzeugung von Kunststoffbauteilen wird der Auftrag von Plastikpartikeln in einer ionisierten Atmosphäre, der Auftrag von photopolymerisierbaren Harzen mit anschlie-

ßendem Bestrahlungsschritt zur Polymerisationsauslösung und die Verwendung von einem schmelzbaren Baumaterial, das mittels Erstarren das Bauteil aufbaut, beschrieben. Die erzeugten Kunststoffmodelle sind spröde. Eine ausreichende Positioniergenauigkeit des Dispensers ist wegen der gewollten vielfältigen Bewegungsmöglichkeiten des Dispensers technisch
5 nur sehr aufwendig und damit teuer zu realisieren. BPM hat sich aufgrund dieser gravierenden Nachteile bei Anwendungen nicht durchgesetzt.

In den Dokumenten US 5,059,266, US 5,140,937 und US 5,149,548 wird ein Ink-Jet-Druck-Verfahren beschrieben. Bei diesem Verfahren wird mittels Ink-Jet-Düsen, die sich unterhalb der Bauplattform befinden, ein härtbare Baumaterial entgegen der Schwerkraft in Objekt-
10 form aufgebracht. Im zweiten Schritt wird das aufgebrachte Material durch Energieeintrag gehärtet. Es können mittels Licht härtbare (vgl. US 5,059,266), mittels Wärme härtbare (vgl. US 5,140,937) oder 2-komponentige (vgl. US 5,149,548) Werkstoffe verwendet werden. Bei den 2-Komponentenwerkstoffen wird die eine Komponente, der Härter, in der anderen Komponente als Mikrokapsel homogen dispergiert. Nach dem Auftrag auf eine bei der Herstellung
15 genutzte Bauplattform werden die Mikrokapseln mittels zusätzlichem Energieeintrag zerstört und so das Material ausgehärtet. Mit diesem Verfahren ist es nahezu unmöglich, Überhänge/Hinterschnitte oder andere nicht-selbsttragende Strukturen zu realisieren. Außerdem handelt es sich um ein 2-Schritt-Verfahren, es sind also zusätzliche Energiequellen, die mit erhöhten Kosten einhergehen, zur Reaktionseinleitung notwendig. Diese gravierenden Nachteile
20 haben dazu geführt, daß aus dem Prinzip des „gegen die Schwerkraft Druckens“ kein kommerzielles Gerät entwickelt wurde.

In dem Dokument US 5,136,515 ist ein Ink-Jet-Druckverfahren beschrieben, bei dem dreidimensionale Objekte mittels schichtweisem Tropfenauftrag zweier verschiedener härthbarer Materialien erzeugt werden. Die Materialien müssen im Anschluß an den Bauprozess voneinander trennbar sein. Die Materialien unterscheiden sich zur besseren Trennung beispielsweise
25 durch unterschiedliche Schmelzpunkte und ihr Verhalten gegenüber Lösemitteln. Der eigentliche Objektaufbau erfolgt mittels eines temperaturbedingten Phasenwechsels flüssig-fest und/oder mittels nachfolgender Strahlenhärtung des Baumaterials. Als Beispiel ein Material ist Wachs angegeben.

30 In den Dokumenten US 5,506,607, US 5,740,051 und US 6,305,769 werden ausführlich prozeßtechnische Umsetzungen des oben beschriebenen Verfahrens beschrieben. Dies führte zur Entwicklung von kommerziell erhältlichen Ink-Jet-„Wachs“druckern, zum Beispiel Model-

Maker II® von Solidscape; Thermojet® von 3D-Systems. Die zum Modellaufbau genutzten Materialmischungen werden beispielsweise in den Dokumenten US 6,395,811, US 6,133,353, US 6,582,613 und US 6,476,122 näher beschrieben. Bei den Materialien ist unabhängig von der chemischen Zusammensetzung immer der physikalische Phasenwechsel flüssig-fest die Basis des Modellaufbaus (phase change solid imaging material). Es kann noch ein strahleninduzierter Vernetzungsschritt folgen, wie in dem Dokument US 2003/0083771 beschrieben.

Aufgrund der hohen Detailgenauigkeit bzw. Auflösung sind die durch Wachsdrucker erzeugten Modelle sehr gut als Positive für Wachsauerschmelzverfahren und den Feinguß geeignet. Zur Verwendung als Funktionsprototypen oder als Serienteile sind sie jedoch aufgrund der Materialeigenschaften der Wachse, insbesondere deren Sprödigkeit und mangelnden Wärmeformbeständigkeit, völlig ungeeignet.

Ein weiteres Ink-Jet-Druckverfahren wird in dem Dokument US 6,259,962 beschrieben. Ein Photopolymer wird mittels Ink-Jet-Düsen ortsselektiv aufgetragen und in einem zweiten Schritt mit Hilfe von Strahlung zur Reaktion gebracht. Aufgrund der benötigten Strahlungsquelle und entsprechender Schutzvorrichtungen ist das Verfahren teuer. Außerdem besteht nur ein sehr eingeschränktes Materialspektrum, da die Photopolymere eine sehr niedrige Viskosität aufweisen müssen, um druckfähig zu sein. Außerdem ist die Nutzung von Füllstoffen zur Pigmentierung oder Verbesserung der Materialeigenschaften verhindert, da durch ihren Zusatz die zur Photopolymerisation notwendige Lichtabsorption verhindert wird.

In dem Dokument US 2002/0111707 A1 wird ein Verfahren beschrieben, in dem ein bei Raumtemperatur festes Präpolymer-Gemisch als Schmelze über Ink-Jet-Düsen oder schwingungsgesteuerte Dosiereinrichtungen gezielt abgelegt wird. Die Reaktion zum Polymer wird durch gezielte Temperaturführung eingeleitet, alle notwendigen Reaktionskomponenten befinden sich in dem dosierten Präpolymer-Gemisch. Es sollen lineare Polymere, vorwiegend Polyamide entstehen. Auch bei diesem Verfahren handelt es sich um ein 2-Schritt-Verfahren: Erst die gezielte Materialabgabe, dann später die Reaktionseinleitung. Es ist zu erwarten, daß die beschriebene Temperaturführung einerseits zu ungewollter Reaktion in den Dosierkörpern führt, da alle Reaktionspartner gleichzeitig durch eine Düse dosiert werden. Andererseits wird die Konturgenauigkeit negativ beeinflusst, da ein erneutes Erwärmen der schon abgelegten Kontur zum Zerfließen führt.

Des weiteren ist aus dem Dokument GB 2,382,798 A ein Verfahren bekannt, bei dem mit Hilfe einer Düsenanordnung, die Tintenstrahl-Druckköpfe umfaßt, zwei Flüssigkeiten tröpfchenweise zum Herstellen eines dreidimensionalen Artikels ausgebracht werden, so daß die Flüssigkeiten nach Kontakt zwischen beiden chemisch miteinander reagieren, um ein Material zu bilden, dessen Eigenschaften sich von denen der separaten Flüssigkeiten unterscheiden. Mit Hilfe des beschriebenen Verfahrens werden beispielsweise Leiterplatten hergestellt. Die tröpfchenweise ausgebrachten Flüssigkeiten können mit Hilfe der Düsenanordnung so ausgestoßen werden, daß Tropfen der beiden Flüssigkeiten noch im Flug oder erst beim Auftreffen miteinander in Kontakt treten.

10 Aus dem Dokument WO 03/016030 A1 ist ein Verfahren zum Herstellen eines dreidimensionalen Artikels nach einem Modell des Artikels mit Hilfe schichtweisem Auftrag bekannt. Bei dem Verfahren wird eine Schicht aus einem ersten Material gebildet. Bei dem ersten Material kann es sich um ein Pulver oder eine Flüssigkeit handeln. Anschließend wird tröpfchenweise ein zweites Material auf die Schicht des ersten Materials aufgebracht, was entsprechend dem Modell des Artikels geschieht. Diese Verfahrensschritte werden mehrfach wiederholt, um den dreidimensionalen Artikel herzustellen. Der dreidimensionale Artikel entsteht beim schichtweisen Auftrag, indem auch zwischen den Schichten chemische Bindungen gebildet werden. Die Tröpfchen des zweiten Materials können nach verschiedenen Mustern auf die Schicht aus dem ersten Material mit Hilfe der Düsenanordnung aufgebracht werden, um mikroskopische oder makroskopische Eigenschaften des dreidimensionalen Artikels zu variieren. Beispielsweise können hierdurch mechanische Eigenschaften des hergestellten Artikels variiert werden. Zusätzlich zu den Tröpfchen des zweiten Materials können Tröpfchen eines weiteren Materials mittels der Düsenanordnung ausgestoßen und auf der Schicht des ersten Materials aufgebracht werden, wobei solche Flüssigkeitströpfchen im Flug oder auf der Oberfläche der Schicht aus dem ersten Material zusammentreffen können. Bei dem hergestellten Artikel können die Eigenschaften wenigstens einiger der aufgetragenen Schichten innerhalb der Schicht variieren, und/oder die Eigenschaften des Materials sind von Schicht zu Schicht in dem Artikel verschieden.

30 In dem Dokument WO 02/064353 A1 ist ebenfalls ein Verfahren zum Herstellen eines dreidimensionalen Artikels nach einem Modell des Artikels mit Hilfe schichtweisem Auftrag beschrieben. Bei dem bekannten Verfahren wird auf eine Flüssigkeitsschicht eines ersten Materials tröpfchenweise eine zweite Flüssigkeit mit einer Viskosität im Bereich von 2 bis 500cps bei Raumtemperatur aufgebracht.

In ähnlicher Weise ist in dem Dokument WO 02/064354 A1 ein Verfahren zum Herstellen eines dreidimensionalen Artikels mittels schichtweisem Tropfenauftrag beschrieben. Im Unterschied zu den vorgenannten Verfahren wird die Schicht aus dem ersten Material mit Hilfe eines Pulvermaterials gebildet.

- 5 Aufgabe der Erfindung ist es, ein verbessertes Verfahren und eine verbesserte Vorrichtung zum Herstellen eines dreidimensionalen Artikels aus einem Material mittels schichtweisem Auftrag anzugeben, bei denen eine möglichst vielseitige Variation von Materialeigenschaften des dreidimensionalen Artikels erreicht werden kann.

Diese Aufgabe wird erfindungsgemäß durch ein Verfahren nach dem unabhängigen Anspruch
10 1 sowie einer Vorrichtung nach dem unabhängigen Anspruch 17 gelöst.

Die Erfindung umfaßt den Gedanken, ein Verfahren zum Herstellen eines dreidimensionalen Artikels aus einem Material mittels schichtweisem Auftrag auf einer Unterlage vorzuschlagen, bei dem:

- 15 a. ein Tropfenauftrag ausgeführt wird, bei dem Tropfen von Reaktionskomponenten mittels einer Düsenanordnung ausgestoßen und auf eine aufgebrachte Basisreaktionskomponente aufgetragen werden;
- b. das Material für den dreidimensionalen Artikel gebildet wird, wenn bei Kontakt die Basisreaktionskomponente mit den Reaktionskomponenten jeweils reagiert, wobei das Material bei einer Reaktion der Basisreaktionskomponente mit einer der Reaktionskomponenten als
20 Material mit einer Materialeigenschaft und bei einer anderen Reaktion der Basisreaktionskomponente mit einer anderen der Reaktionskomponenten als Material mit einer anderen Materialeigenschaft gebildet wird, wobei die Schritte a. und b. zum Bilden des dreidimensionalen Artikels mehrfach wiederholt werden; und
- c. ein Artikelabschnitt mit einem graduellen Übergang zwischen der einen Materialeigenschaft und der anderen Materialeigenschaft erzeugt wird, indem:
25 c1. in einem Endbereich des Artikelabschnitts beim Tropfenauftrag erste Reaktionsparameter für die Tropfen der einen Reaktionskomponente und die Tropfen der anderen Reaktionskomponente eingestellt werden, so daß in dem Endbereich des Artikelabschnitts nach dem Tropfenauftrag überwiegend oder ausschließlich das Material mit
30 der einen Materialeigenschaft gebildet wird;
- c2. in einem entgegengesetzten Endbereich des Artikelabschnitts beim Tropfenauftrag zweite Reaktionsparameter für die Tropfen der einen Reaktionskomponente und die

- Tropfen der anderen Reaktionskomponente eingestellt werden, so daß in dem anderen Endbereich des Artikelabschnitts nach dem Tropfenauftrag überwiegend oder ausschließlich das Material mit der anderen Materialeigenschaft gebildet wird; und
- 5 c3. in einem Zwischenbereich des Artikelabschnitts zwischen den beiden Endbereichen beim Verlagern der Düsenanordnung von dem Endbereich zu dem entgegengesetzten Endbereich beim Tropfenauftrag veränderliche Zwischenreaktionsparameter für die Tropfen der einen Reaktionskomponente und die Tropfen der anderen Reaktionskomponente eingestellt werden, so daß ein gradueller Übergang zwischen den ersten Reaktionsparametern und den zweiten Reaktionsparametern ausgeführt wird.
- 10 Nach einem anderen Aspekt der Erfindung wird eine Vorrichtung zum Ausführen eines Verfahrens zum Herstellen eines dreidimensionalen Artikels aus einem Material mittels schichtweisem Auftrag vorgeschlagen, wobei die Vorrichtung die folgenden Merkmale aufweist:
- eine Bauunterlage zum Halten des Artikels beim Herstellen;
 - eine Düsenanordnung zum Ausführen eines Tropfenauftrags, bei dem Tropfen von Reaktionskomponenten mittels der Düsenanordnung ausgestoßen und auf eine Basisreaktionskomponente, die auf einem Substrat angeordnet ist, aufgetragen werden, so daß das Material für den dreidimensionalen Artikel gebildet wird, wenn bei Kontakt die Basisreaktionskomponente mit den Reaktionskomponenten jeweils reagiert, wobei das Material bei einer Reaktion der Basisreaktionskomponente mit einer der Reaktionskomponenten als Material mit einer Materialeigenschaft und bei einer anderen Reaktion der Basisreaktionskomponente mit einer anderen der Reaktionskomponenten als Material mit einer anderen Materialeigenschaft gebildet wird;
 - einen Verlagerungsmechanismus, der mit der Düsenanordnung und/oder der Bauunterlage zum Verlagern der Düsenanordnung und der Bauunterlage relativ zueinander beim Tropfenauftrag verbunden ist; und
 - Steuerungsmittel zum Steuern des Verlagerungsmechanismus und der Düsenanordnung beim schichtweisen Auftragen, so daß ein Artikelabschnitt mit einem graduellen Übergang zwischen der einen Materialeigenschaft und der anderen Materialeigenschaft erzeugt werden kann, indem:
- 30 - in einem Endbereich des Artikelabschnitts beim Tropfenauftrag erste Reaktionsparameter für die Tropfen der einen Reaktionskomponente und die Tropfen der anderen Reaktionskomponente einstellbar sind, so daß in dem Endbereich des Artikelabschnitts nach dem Tropfenauftrag überwiegend oder ausschließlich das Material mit der einen

Materialeigenschaft gebildet werden kann;

- in einem entgegengesetzten Endbereich des Artikelabschnitts beim Tropfenauftrag zweite Reaktionsparameter für die Tropfen der einen Reaktionskomponente und die Tropfen der anderen Reaktionskomponente einstellbar sind, so daß in dem anderen
- 5 Endbereich des Artikelabschnitts nach dem Tropfenauftrag überwiegend oder ausschließlich das Material mit der anderen Materialeigenschaft gebildet werden kann; und
- in einem Zwischenbereich des Artikelabschnitts zwischen den beiden Endbereichen beim Verlagern der Düsenanordnung von dem Endbereich zu dem entgegengesetzten
- 10 Endbereich beim Tropfenauftrag veränderliche Zwischenreaktionsparameter für die Tropfen der einen Reaktionskomponente und die Tropfen der anderen Reaktionskomponente einstellbar sind, so daß ein gradueller Übergang zwischen den ersten Reaktionsparametern und den zweiten Reaktionsparametern ausführbar ist.

Die Erfindung hat gegenüber bekannten Verfahren zum Herstellen dreidimensionaler Artikel den Vorteil, daß bei der Herstellung des Artikels eine oder mehrere Artikelabschnitte geschaf-

15 fen werden können, in denen ein gradueller Übergang zwischen zwei voneinander abweichenden Materialeigenschaften des zur Herstellung des Artikels genutzten Materials ausbildbar sind. Auf diese Weise ist es beispielsweise möglich, in dem Artikelabschnitt mit dem graduellen Übergang den Übergang zwischen einem eher starren Materialabschnitt und einem eher elastisch verformbaren Abschnitt des hergestellten dreidimensionalen Artikels zu schaf-

20 fen. Das Verfahren und die Vorrichtung können kostengünstig umgesetzt werden, da zur Tropfendosierung beispielsweise kommerziell verfügbare Druckdüsen genutzt werden können, die keine zusätzliche aufwendige Technik zur Leitung der Basisreaktionskomponente und der Reaktionskomponenten benötigen.

Es besteht weiterhin der Vorteil, daß der graduelle Übergang lokal begrenzt oder über den

25 gesamten Artikel verteilt werden kann. Weiterhin ist es möglich, einen oder mehrere graduelle Übergänge in dem Artikel herzustellen.

Vorteilhafte Ausgestaltungen des Verfahrens sind Gegenstand abhängiger Unteransprüche.

Die Erfindung wird im folgenden anhand von Ausführungsbeispielen unter Bezugnahme auf eine Zeichnung näher erläutert. Hierbei zeigen:

- 30 Fig. 1 eine schematische Darstellung einer Vorrichtung zum Herstellen eines dreidimensionalen Artikels mittels Tropfenauftrag;

Fig. 2 eine schematische Darstellung einer anderen Vorrichtung zum Herstellen eines dreidimensionalen Artikels mittels Tropfenauftrag;

Fig. 3 eine perspektivische Darstellung der Vorrichtung nach Fig. 2; und

5 Fig. 4 eine schematische Darstellung zur Erläuterung eines Verfahrens, bei dem während des schichtweisen Auftrags die Schichtdicke der aufgetragenen Schichten in Abhängigkeit von Meßdaten für eine vorher aufgetragene Schicht geregelt wird.

Fig. 1 zeigt eine schematische Darstellung einer Vorrichtung zum Herstellen eines dreidimensionalen Artikels mittels Tropfenauftrag. Auf einer Bauplattform 1 ist eine Schicht 2 einer Basisreaktionskomponente B aufgebracht. Mit Hilfe einer Düsenanordnung 3, die zwei Düsen
10 3a, 3b umfaßt, werden Tropfen T1 einer Reaktionskomponente R1 sowie Tropfen T2 einer weiteren Reaktionskomponente R2 auf die Schicht 2 der Basisreaktionskomponente B aufgebracht. Hierbei wird die Düsenanordnung 3 über die Schicht 2 der Basisreaktionskomponente B bewegt, wozu ein Fig. 1 schematisch dargestellter Verlagerungsmechanismus 4 verwendet wird, der mit Hilfe von elektronischen Steuersignalen betätigt wird und in Fig. 1 mittels Pfei-
15 len schematisch dargestellt ist. Die Düsen 3a, 3b, 3c die beispielsweise mit Hilfe von Tintenstrahl-Druckköpfen basieren, sind über Steuerleitungen 5a, 5b, 5c mit einer Steuereinrichtung (nicht dargestellt) verbunden, so daß das Ausbringen der Tropfen mit Hilfe von über die Steuerleitungen 5a, 5b, 5c übermittelten Steuersignalen steuerbar ist. Die Reaktionskomponenten R1, R2 und die Basisreaktionskomponente B werden den Düsen 3a, 3b, 3c jeweils aus Vor-
20 ratsbehältern über Versorgungsleitungen zugeführt, die in die Düsenanordnung 3 integriert sein können oder hiervon getrennt ausgebildet sind. Zum Ausbilden des dreidimensionalen Artikels wird der beschriebene Schichtauftrag wiederholt.

Fig. 2 zeigt eine schematische Darstellung einer anderen Vorrichtung zum Herstellen eines dreidimensionalen Artikels mittels Tropfenauftrag. Gleiche Merkmale sind in Fig. 2 mit gleichen Bezugszeichen wie in Fig. 1 bezeichnet. Im Unterschied zu der Vorrichtung nach Fig. 1 sind die beiden Düsen 3a, 3b bei der anderen Vorrichtung nach Fig. 2 so ausgerichtet, daß die Tropfen T1 der Reaktionskomponente R1 und die Tropfen T2 der Reaktionskomponente R2 im wesentlichen in einem gleichen Bereich der Schicht 2 der Basisreaktionskomponente B
25 auftreten. Hierbei kann die Ausstoßrichtung der Düsen 3a, 3b so eingestellt sein, daß die Tropfen T1 der Reaktionskomponente R1 und die Tropfen T2 der Reaktionskomponente R2 noch vor dem Auftreffen auf der Schicht 2 der Basisreaktionskomponente B aufeinander tref-
30 fen. Auf diese Weise ist es möglich, einen Tropfen T1 der Reaktionskomponente R1 gemein-

sam mit einem Tropfen T2 der Reaktionskomponente R2 auf die Schicht der Basisreaktionskomponente B aufzubringen. Alternativ ist es jedoch auch möglich, daß ein Tropfen T1 der Reaktionskomponente R1 und ein Tropfen T2 der Reaktionskomponente R2 in einem definierten zeitlichen Abstand zueinander auf ein und denselben Bereich der Schicht 2, beispielsweise ein und denselben Tropfen der Basisreaktionskomponente B aufgebracht werden.

Mit Hilfe der Vorrichtung nach Fig. 1 sowie der anderen Vorrichtung nach Fig. 2 ist es möglich, beim Schichtauftrag einen Tropfen oder einen Bereich der Basisreaktionskomponente B auf der Bauplattform 1 mit unterschiedlichen Mengen der Reaktionskomponente R1 und der Reaktionskomponente R2 in Kontakt zu bringen. Dieses kann beispielsweise dadurch geregelt werden, daß die mit Hilfe der Düsen 3a, 3b ausgestoßene Tropfengröße geregelt wird. Des weiteren können für die Tropfen T1 der Reaktionskomponente R1 und die Tropfen T2 der Reaktionskomponente R2 auch andere Reaktionsparameter individuell eingestellt werden, beispielsweise die Temperatur, die Ausstoßgeschwindigkeit und/oder die individuelle chemische Zusammensetzung. Auf diese Weise ist es möglich, physikalische und/oder chemische Eigenschaften in Abschnitten des schichtweise hergestellten Artikels so zu variieren, daß ein gradueller Übergang zwischen zwei Materialeigenschaften gebildet wird. Beispielsweise kann der hergestellte Artikel innerhalb einer aufgetragenen Schicht und/oder über mehrere Schichten einen oder mehrere Übergänge zwischen einem eher starren Material und einem eher elastisch verformbaren Material aufweisen.

Fig. 3 zeigt die andere Vorrichtung nach Fig. 2 in einer weiteren Ausgestaltung, bei der die Düsenanordnung 3 in z-Richtung und die Bauplattform 1 in x- und y-Richtung mit Hilfe des Verlagerungsmechanismus 4 verlagerbar sind, um die für den schichtweisen Auftrag notwendige Relativbewegung der Düsenanordnung 3 zu der Bauplattform 1 zu ermöglichen. In Fig. 3 sind gleiche Merkmale mit den gleichen Bezugszeichen wie in den Fig. 1 und 2 bezeichnet.

Ein dreidimensionales Kunststoffbauteil wird mittels ortsselektivem schichtweisen Auftragen der zwei Reaktionskomponenten R1 und R2 in flüssiger Form auf die Basisreaktionskomponente B erzeugt, wobei die Reaktionskomponenten R1, R2 bei Kontakt jeweils mit der Basisreaktionskomponente B reagieren, wodurch bei der Reaktion der Reaktionskomponenten R1 mit der Basiskomponente B ein Material M1 mit einer Materialeigenschaft E1 und bei der Reaktion der Reaktionskomponenten R2 mit der Basiskomponente B das Material M1 mit einer Materialeigenschaft E2 gebildet wird. Bei geeigneter Auswahl der Basisreaktionskomponente B und der Reaktionskomponenten R1, R2 kann auch vorgesehen sein, daß bei der

Reaktion der Reaktionskomponenten R2 mit der Basisreaktionskomponente B ein anderes Material M2 mit der Materialeigenschaft E2 gebildet wird, wobei das Material M1 und das andere Material M2 miteinander verträglich sind. Bei dem Material M1 und dem anderen Material M2 handelt es sich beispielsweise jeweils um einen festen vernetzten Kunststoff.

- 5 Die Basisreaktionskomponente B kann als Materialgemisch vorliegen, was zum Beispiel einen Füllstoff enthält, beispielsweise Glasfasern, Mikrokugeln oder dergleichen, um die Materialeigenschaften des hergestellten Materials zu beeinflussen. Die Mischung könnte sogar so verändert werden, daß der überwiegende Anteil von dem Füllstoff gebildet wird, zum Beispiel
- 10 ten gezielt beeinflußt werden und zum anderen sinkt die zu dosierende Materialmenge im Verhältnis zur Volumenverfestigung, der Prozeß zum Herstellen des dreidimensionalen Artikels baut wesentlich schneller. So könnte ein Füllstoff mit der Basisreaktionskomponente B lediglich beschichte sein. Das Materialgemisch kann schüttfähig oder pastenförmig sein. Die Basisreaktionskomponente B kann mittels Aufrakeln oder Auftragen mit bekannten Be-
- 15 schichtungsverfahren, zum Beispiel Rollen, Streichen, Sprühen, Spritzen, Abziehen, aufgetragen werden. Der Auftrag der Reaktionskomponenten R1 und R2 erfolgt dann ortsselektiv.

Notwendige Schichtinformationen beim schichtweisen Bilden des dreidimensionalen Artikels werden den gängigen Rapid-Prototyping-Verfahren entsprechend direkt aus CAD-Konstruktionsdaten des zu erzeugenden Artikels generiert. Mit auf diese Weise gewonnenen

20 Steuerungsdaten werden die Düsenanordnung 3 und die Bauplattform 1 relativ zueinander bewegt und der Tropfenausstoß der Düsen 3a, 3b gesteuert. Die Düsen 3a, 3b der Düsenanordnung 4 sind mit temperierbaren Vorratsbehältern, die die Reaktionskomponenten R1, R2 und gegebenenfalls die Basisreaktionskomponente B enthalten, verbunden.

Nach einer Ausführungsform umfaßt das Herstellungsverfahren die folgenden Schritte:

- 25 a) In einem Bauraum mit kontrollierbarer Temperatur und Bauraumatmosphäre befindet sich die in z-Richtung bewegliche Bauplattform 1 so in einer Wanne, die mit einer der Basisreaktionskomponente B gefüllt ist, daß über der Bauplattform 1 eine Schicht der Basisreaktionskomponente B definierter Dicke entsteht.
- b) Entsprechend den Steuerungsdaten werden mit Hilfe der in x- und y-Richtung beweglichen temperierbaren Düsenanordnung 3 ortsselektiv die Reaktionskomponenten R1, R2
- 30 auf die Bauplattform 1 aufgebracht. Mittels chemischer Reaktion der Basisreaktionskom-

ponente B mit einer oder beiden Reaktionskomponenten R1, R2 entsteht eine erste Schicht des zu erzeugenden Artikels.

- c) Anschließend wird die Bauplattform 1 abgesenkt, so daß über der ersten Schicht des Bauteils eine Schicht der Basisreaktionskomponente B definierter Dicke erzeugt wird.

5 Danach wird der Verfahrensschritt b) ausgeführt.

- d) Der Schritt c) wird mehrfach wiederholt, bis der gesamte Artikel erzeugt ist.

Die Basisreaktionskomponente B und die Reaktionskomponenten R1, R2 sind hinsichtlich ihrer Dichte aufeinander abgestimmt, so daß überschüssige Anteile der Basisreaktionskomponente B und/oder der Reaktionskomponenten R1, R2 in der Wanne eine Stützfunktion für
10 Überhänge des Artikels übernehmen.

Nach einer anderen Ausführungsform umfaßt das Herstellungsverfahren die folgenden Schritte:

- a) In einem Bauraum mit kontrollierbarer Temperatur und Bauraumatmosphäre sind die in z-Richtung bewegliche Bauplattform 1 und die in x- und y-Richtung bewegliche Düsenanordnung 3 mit temperierbaren Ink-Jet-Düsen angeordnet, wobei eine Düse mit dem Vorratsbehälter für die Basisreaktionskomponente B, eine weitere Düse mit dem Vorratsbehälter für die Reaktionskomponente R1 und eine andere Düse mit dem Vorratsbehälter für die Reaktionskomponente R2 verbunden sind, so daß die Basisreaktionskomponente B, die Reaktionskomponente R1 und die Reaktionskomponente R2 jeweils tropfenweise
15 ausgebracht werden können.

- b) Entsprechend den Steuerungsdaten tragen die Düsen die Basisreaktionskomponente B, die Reaktionskomponente R1 und die Reaktionskomponente R2 derart auf die Bauplattform 1 auf, das mittels anschließender chemischer Reaktionen der Basisreaktionskomponente B mit der Reaktionskomponente R1 und/oder der Reaktionskomponente R2 eine
20 erste Schicht des zu erzeugenden Artikels entsteht.

- c) Die Bauplattform 1 wird um eine Schichtdicke abgesenkt.

- d) Der Verfahrensschritt b) wird wiederholt, bis der gesamte Artikel erzeugt ist.

Die beiden Reaktionskomponenten R1, R2 können auf ein und demselben Tropfen der Basisreaktionskomponente B abgelegt werden. Dieses kann zeitgleich oder zeitlich versetzt erfolgen. Unter „kontrollierbarer Temperatur“ im Bauraum ist zu verstehen, das der gesamte Bauraum oder Teile hiervon auf einer definierte Temperatur gehalten werden. Der Begriff „kon-
30 ”

trollierbare Bauraumatmosphäre“ in der hier verwendeten Bedeutung beschreibt, daß die Art der Atmosphäre, also beispielsweise Luft oder Stickstoff oder Argon, einstellbar ist.

Die Basisreaktionskomponente B und die flüssigen Reaktionskomponente R1, R2 bilden jeweilige Reaktionssysteme, die durch chemische Reaktion miteinander einen festen vernetzten Kunststoff erzeugen. Bevorzugte Polymeraufbaureaktionen ist die Polyadditionsreaktion. Bevorzugt erzeugte Kunststoffe sind Polyurethane, als Polymere, die nach dem Di-(oder Poly)isocyanat-Polyadditionsverfahren hergestellt werden und meistens die Urethan-Gruppe als charakteristisches Strukturelement enthalten.

Die Basisreaktionskomponente B enthält beispielsweise höhermolekulare Oligomere und/oder Präpolymere, die mindestens zwei gegenüber Isocyanaten reaktive Wasserstoffatome aufweisen, die aus der Gruppe der primären Alkohole, sekundären Alkohole, Phenole, primären Amine und/oder sekundären Aminen stammen. Insbesondere zu nennen sind Polyole ausgewählt aus der Gruppe Polyether-Polyole und Polyesterpolyole, wie sie erhalten werden durch Addition von Alkylenoxyden, wie Ethylenoxid und Propylenoxid, an multifunktionelle Starter, wie Ethylenglykol, Propylenglykol, Glycerin, Trimethylolpropan, Sucrose, Sorbit und/oder Ethylendiamin, oder durch Kondensation von Dicarbonsäuren, wie Adipinsäure, Bernsteinsäure, Gluttsäure, Korksäure, Sebacinsäure, Maleinsäure und/oder Glutarsäure, mit überwiegend bifunktionellen Hydroxykomponenten, wie Ethylenglykol und/oder Propylenglykol, aufgebaut aus Ethylenoxyd und/oder Propylenoxyd sowie Glycerin, Trimethylolpropan, Ethyldiamin, Propylenglykol, Ethylenglykol, Sorbit oder deren Gemische als Starter.

Die Reaktionskomponenten R1, R2 enthalten organische Polyisocyanate und/oder Polyisocyanatpräpolymere, wobei die an sich bekannten aliphatischen, cycloaliphatischen, araliphatischen und vorzugsweise aromatischen mehrkernigen Isocyanate oder durch Reaktion verkappte Isocyanate zur Anwendung kommen können. Besonders geeignet sind die Toluylen-diisocyanate und die Diphenylmethandiisocyanate, deren Modifizierungsprodukte oder ihre entsprechenden Präpolymere. Insbesondere werden als aromatische Polyisocyanate genannt: 4,4'-Diphenylmethandiisocyanat, Mischungen aus 2,4'- und 4,4'-Diphenylmethandiisocyanat, Roh-MDI-Typen oder polymeres MDI und/oder 2,4- und/oder 2,6 Toluylendiisocyanat sowie deren Mischungen untereinander.

Sowohl die Basisreaktionskomponente B als auch die Reaktionskomponenten R1, R2 können neben den eigentlichen Reaktionspartnern noch Hilfs- und Zusatzstoffe, wie beispielsweise

Katalysatoren/Aktivatoren, Kettenverlängerer, Vernetzer, Stabilisatoren und Füllstoffe, enthalten.

Als Basisreaktionskomponente B kann bei dem oben beschriebene Ausführungsbeispiel für das Herstellungsverfahren beispielsweise das Isocynat Lupranat M20W der Firma Elastogran GmbH, Lemförde verwendet werden, dem 0,1 – 5% eines geeigneten Katalysator beigemischt werden. Als Reaktionskomponente R1 wird Lupranol 3300, Hersteller Elastogran GmbH, verwendet. Bei der Reaktionskomponente R2 handelt es sich bei diesem Ausführungsbeispiel um Lupranol 1100. Die Bauraumtemperatur beträgt zwischen 25 und 70°C, die Düsenbetriebstemperatur zwischen 50 und 90°C.

- 10 Es kann vorgesehen sein, daß der Reaktion zwischen Basisreaktionskomponente B und der Reaktionskomponente R1 und/oder der Reaktion zwischen Basisreaktionskomponente B und der Reaktionskomponente R2 bei Kontakt eine weitere Behandlung der gebildeten Schichtanordnung nachgeschaltet wird, beispielsweise eine Lichtbestrahlung oder ein Erwärmen, um zum Beispiel eine weitere Verfestigung bis hin zur Aushärtung des Materials zu erreichen. Die Nachbehandlung kann dazu führen, daß die beim Kontaktieren begonnene Reaktion der Reaktionspaare fortgesetzt oder eine weitere Reaktion initiiert wird.

Fig. 4 zeigt eine schematische Darstellung zur Erläuterung eines Verfahrens, bei dem während des schichtweisen Auftrags die Schichtdicke einer aktuell aufzutragenden Schicht in Abhängigkeit von Meßdaten für die Schichtdicke einer vorher aufgetragenen Schicht geregelt wird. Zu diesem Zweck werden mit Hilfe einer Abstandsmeßeinrichtung 40 Meßdaten aufgenommen, die Rückschlüsse über die Dicke einer zuletzt aufgetragenen Schicht 41 erlauben. Die Abstandsmessung wird bevorzugt mit Hilfe eines optischen Abstandsmeßverfahren ausgeführt. Die Meßdaten werden an eine Auswerteeinrichtung 42 übertragen, welche die Meßdaten auswertet. Von der Auswerteeinrichtung 42 werden dann Steuersignale an eine Steuereinrichtung 43 übertragen, die mit einer Düsenanordnung 44 gekoppelt ist. Auf Basis der Steuersignale werden in der Steuereinrichtung 43 Düsensteuersignale erzeugt und an die Düsenanordnung 44 übertragen, um die Düsenanordnung 44 in Abhängigkeit von den mit Hilfe der Abstandsmeßeinrichtung 40 erfaßten Meßdaten zu steuern. Auf diese Weise kann beispielsweise das Tropfenvolumen von ausgestoßenen Tropfen 45 beim Auftragen einer aktuellen Schicht 46 vermindert werden, wenn festgestellt wird, daß die Dicke der zuletzt aufgetragenen Schicht 41 größer als ursprünglich beabsichtigt ist. Umgekehrt kann das Tropfenvolumen der Tropfen 45 vergrößert werden, wenn die zuletzt aufgetragene Schicht 41 zu dünn

ist. Mit Hilfe des beschriebenen Verfahrens ist während des gesamten Schichtauftrags zum Ausbilden eines dreidimensionalen Artikels 47 eine fortdauernde Überwachung einer exakten Schichtausbildung gewährleistet.

Das in Verbindung mit Fig. 4 beschriebene Verfahren zur automatischen Schichtdickenüberwachung kann nicht nur im Zusammenhang mit sämtlichen Verfahrensvarianten und Vorrichtungen, die oben unter Bezugnahme auf die Fig. 1 bis 3 beschrieben wurden, sondern auch mit beliebigen anderen Verfahren zum Ausbilden dreidimensionaler Artikel mittels schichtweisem Auftrag genutzt werden. Der Schichtauftrag kann hierbei mit Hilfe eines Reaktionssystems aus Basisreaktionskomponente und Reaktionskomponente. Gegebenenfalls kann ein weiteres Reaktionssystem aus Basisreaktionskomponente und einer weiteren Reaktionskomponente genutzt werden, wie dies oben beschrieben wurde. Der Auftrag der Basiskomponente kann tropfenweise oder als Schicht erfolgen.

Die in der vorstehenden Beschreibung, den Ansprüchen und der Zeichnung offenbarten Merkmale der Erfindung können sowohl einzeln als auch in beliebiger Kombination für die Verwirklichung der Erfindung in ihren verschiedenen Ausführungsformen von Bedeutung sein.

Ansprüche

1. Verfahren zum Herstellen eines dreidimensionalen Artikels aus einem Material mittels schichtweisem Auftrag auf einer Unterlage (1), bei dem:
 - 5 a. ein Tropfenauftrag ausgeführt wird, bei dem Tropfen von Reaktionskomponenten (R1, R2) mittels einer Düsenanordnung (3) ausgestoßen und auf eine Basisreaktionskomponente (B) aufgetragen werden;
 - b. das Material für den dreidimensionalen Artikel gebildet wird, wenn bei Kontakt die Basisreaktionskomponente (B) mit den Reaktionskomponenten (R1, R2) jeweils reagiert, wobei das Material bei einer Reaktion der Basisreaktionskomponente (B) mit einer der Reaktionskomponenten (R1) als Material mit einer Materialeigenschaft (E1) und bei einer anderen Reaktion der Basisreaktionskomponente (B) mit einer anderen der Reaktionskomponenten (R2) als Material mit einer anderen Materialeigenschaft (E2) gebildet wird, wobei die Schritte a. und b. zum Bilden des dreidimensionalen Artikels mehrfach wiederholt werden; und
 - 15 c. ein Artikelabschnitt mit einem graduellen Übergang zwischen der einen Materialeigenschaft (E1) und der anderen Materialeigenschaft (E2) erzeugt wird, indem:
 - c1. in einem Endbereich des Artikelabschnitts beim Tropfenauftrag erste Reaktionsparameter für die Tropfen der einen Reaktionskomponente (R1) und die Tropfen der anderen Reaktionskomponente (R2) eingestellt werden, so daß in dem Endbereich des Artikelabschnitts nach dem Tropfenauftrag überwiegend oder ausschließlich das Material mit der einen Materialeigenschaft (E1) gebildet wird;
 - 20 c2. in einem entgegengesetzten Endbereich des Artikelabschnitts beim Tropfenauftrag zweite Reaktionsparameter für die Tropfen der einen Reaktionskomponente (R1) und die Tropfen der anderen Reaktionskomponente (R2) eingestellt werden, so daß in dem anderen Endbereich des Artikelabschnitts nach dem Tropfenauftrag überwiegend oder ausschließlich das Material mit der anderen Materialeigenschaft (E2) gebildet wird; und
 - 25 c3. in einem Zwischenbereich des Artikelabschnitts zwischen den beiden Endbereichen beim Verlagern der Düsenanordnung (3) von dem Endbereich zu dem entgegengesetzten Endbereich beim Tropfenauftrag veränderliche Zwischenreaktionsparameter für die Tropfen der einen Reaktionskomponente (R1) und die Tropfen der anderen Reaktionskomponente (R2) eingestellt werden, so daß ein gradueller Übergang zwischen den ersten Reaktionsparametern und den zweiten Reaktions-
 - 30

parametern ausgeführt wird.

2. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß die Basisreaktionskomponente (B) tröpfchenweise mit Hilfe der Düsenanordnung (3) ausgebracht wird und zu-
5 mindest beim Erzeugen des Materials in dem Zwischenbereich des Artikelabschnitts jeder ausgebrachte Tropfen der Basisreaktionskomponente (B) mit einem Tropfen der einen Reaktionskomponente (R1) und mit einem Tropfen der anderen Reaktionskomponente (R2) in Kontakt gebracht wird, wodurch mit Hilfe jedes Tropfens der Basisreaktionskomponente (B) sowohl Material mit der einen Materialeigenschaft (E1) als auch
10 Material mit der anderen Materialeigenschaft (E2) gebildet wird.
3. Verfahren nach Anspruch 2, dadurch gekennzeichnet, daß die Tropfen der Basisreaktionskomponente (B) und die Tropfen der Reaktionskomponente(n) (R1, R2) im Flug
15 in Kontakt gebracht werden.
4. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß die Tropfen der Reaktionskomponenten (R1, R2) auf eine Schicht der Basisreaktionskomponente (B) aufgetragen werden.
- 20 5. Verfahren nach einem der vorangehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß der Artikelabschnitt mit dem graduellen Übergang innerhalb einer aufgetragenen Schicht erzeugt wird.
6. Verfahren nach einem der vorangehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet,
25 daß der Artikelabschnitt mit dem graduellen Übergang über mehrere der aufgetragenen Schicht erzeugt wird.
7. Verfahren nach einem der vorangehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß beim Einstellen der ersten Reaktionsparameter, der zweiten Reaktionsparameter und
30 der veränderlichen Zwischenreaktionsparameter ein jeweiliges Tropfenvolumen für die Tropfen der einen Reaktionskomponente (R1) und/oder die Tropfen der anderen Reaktionskomponente (R2) eingestellt wird.
8. Verfahren nach einem der vorangehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet,

daß beim Eistellen der ersten Reaktionsparameter, der zweiten Reaktionsparameter und der veränderlichen Zwischenreaktionsparameter eine jeweilige chemische Zusammensetzung für die Tropfen der einen Reaktionskomponente (R1) und/oder die Tropfen der anderen Reaktionskomponente (R2) eingestellt wird.

5

9. Verfahren nach einem der vorangehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß beim Eistellen der ersten Reaktionsparameter, der zweiten Reaktionsparameter und der veränderlichen Zwischenreaktionsparameter eine jeweilige Temperatur für die Tropfen der einen Reaktionskomponente (R1) und/oder die Tropfen der anderen Reaktionskomponente (R2) eingestellt wird.

10

10. Verfahren nach einem der vorangehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß beim Eistellen der ersten Reaktionsparameter, der zweiten Reaktionsparameter und der veränderlichen Zwischenreaktionsparameter eine jeweilige zeitliche Verzögerung für das Ausstoßen der Tropfen der einen Reaktionskomponente (R1) und/oder der Tropfen der anderen Reaktionskomponente (R2) mit Hilfe der Druckdüsenanordnung eingestellt wird.

15

11. Verfahren nach einem der vorangehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß beim Eistellen der ersten Reaktionsparameter, der zweiten Reaktionsparameter und der veränderlichen Zwischenreaktionsparameter eine jeweilige Ausstoßkraft für das Ausstoßen der Tropfen der einen Reaktionskomponente (R1) und/oder der Tropfen der anderen Reaktionskomponente (R2) mit Hilfe der Druckdüsenanordnung eingestellt wird.

20

12. Verfahren nach einem der vorangehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß die Basisreaktionskomponente (B) und die eine Reaktionskomponente (R1) sowie die Basisreaktionskomponente (B) und die andere Reaktionskomponente (R2) jeweils ein Reaktionssystem bilden, mit dem bei der Reaktion nach dem Kontakt ein jeweiliger fester vernetzter Kunststoff gebildet wird.

25

30

13. Verfahren nach Anspruch 12, dadurch gekennzeichnet, daß der jeweilige vernetzte Kunststoffe mit Hilfe einer Polyadditionsreaktion gebildet wird.

14. Verfahren nach Anspruch 12 oder 13, dadurch gekennzeichnet, daß die als Basis-

reaktionskomponente (B) eine Verbindung mit mindestens zwei gegenüber Isocyanaten reaktiven Wasserstoffatomen und als Reaktionskomponenten (R1, R2) sich voneinander unterscheidende organische und/oder modifizierte organische Polyisocyanate und/oder Polyisocyanatpräpolymere verwendet werden.

5

15. Verfahren nach einem der vorangehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß die Basisreaktionskomponente (B) und/oder die Reaktionskomponenten (R1, R2) mit einer Viskosität zwischen etwa 0.5 und 50mPa bei einer vorbestimmten Dosierungstemperatur verwendet werden.

10

16. Verfahren nach einem der vorangehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß die Basisreaktionskomponente (B) und/oder die Reaktionskomponenten (R1, R2) mit einer Grenzflächenspannung zwischen etwa 20 und 70mN/m bei einer vorbestimmten Dosierungstemperatur verwendet werden.

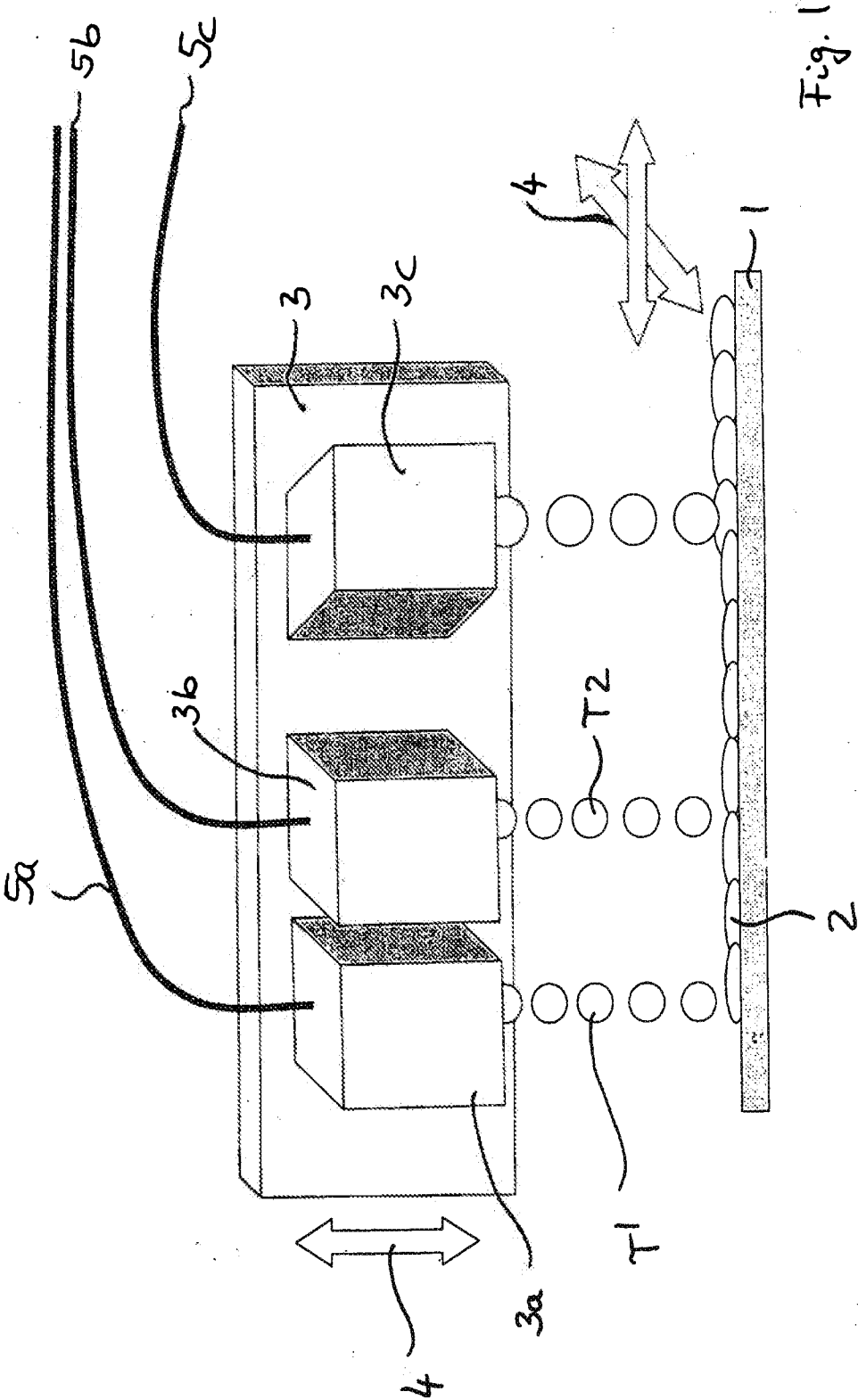
15

17. Vorrichtung zum Ausführen eines Verfahrens zum Herstellen eines dreidimensionalen Artikels aus einem Material mittels schichtweisem Auftrag, insbesondere nach einem Verfahren gemäß einem der Ansprüche 1 bis 16, mit:

- einer Bauunterlage (1) zum Halten des Artikels beim Herstellen;
- einer Düsenanordnung (3) zum Ausführen eines Tropfenauftrags, bei dem Tropfen von Reaktionskomponenten (R1, R2) mittels der Düsenanordnung (3) ausgestoßen und auf eine Basisreaktionskomponente (B), die auf der Bauunterlage (1) angeordnet ist, aufgetragen werden, so daß das Material für den dreidimensionalen Artikel gebildet wird, wenn bei Kontakt die Basisreaktionskomponente (B) mit den Reaktionskomponenten (R1, R2) jeweils reagiert, wobei das Material bei einer Reaktion der Basisreaktionskomponente (B) mit einer der Reaktionskomponenten (R1, R2) als Material mit einer Materialeigenschaft (E1) und bei einer anderen Reaktion der Basisreaktionskomponente (B) mit einer anderen der Reaktionskomponenten (R1, R2) als Material mit einer anderen Materialeigenschaft (E2) gebildet wird;
- einem Verlagerungsmechanismus (4), der mit der Düsenanordnung (3) und/oder der Bauunterlage (1) zum Verlagern der Düsenanordnung (3) und der Bauunterlage (1) relativ zueinander beim Tropfenauftrag verbunden ist; und
- Steuerungsmitteln zum Steuern des Verlagerungsmechanismus (4) und der Düsenanordnung (3) beim schichtweisen Auftragen, so daß ein Artikelabschnitt mit einem gra-

duellen Übergang zwischen der einen Materialeigenschaft (E1) und der anderen Materialeigenschaft (E2) erzeugt werden kann, indem:

- in einem Endbereich des Artikelabschnitts beim Tropfenauftrag erste Reaktionsparameter für die Tropfen der einen Reaktionskomponente (R1) und die Tropfen der anderen Reaktionskomponente (R2) einstellbar sind, so daß in dem Endbereich des Artikelabschnitts nach dem Tropfenauftrag überwiegend oder ausschließlich das Material mit der einen Materialeigenschaft (E1) gebildet werden kann;
- in einem entgegengesetzten Endbereich des Artikelabschnitts beim Tropfenauftrag zweite Reaktionsparameter für die Tropfen der einen Reaktionskomponente (R1) und die Tropfen der anderen Reaktionskomponente (R2) einstellbar sind, so daß in dem anderen Endbereich des Artikelabschnitts nach dem Tropfenauftrag überwiegend oder ausschließlich das Material mit der anderen Materialeigenschaft (E2) gebildet werden kann; und
- in einem Zwischenbereich des Artikelabschnitts zwischen den beiden Endbereichen beim Verlagern der Düsenanordnung (3) von dem Endbereich zu dem entgegengesetzten Endbereich beim Tropfenauftrag veränderliche Zwischenreaktionsparameter für die Tropfen der einen Reaktionskomponente (R1) und die Tropfen der anderen Reaktionskomponente (R2) einstellbar sind, so daß ein gradueller Übergang zwischen den ersten Reaktionsparametern und den zweiten Reaktionsparametern ausführbar ist.



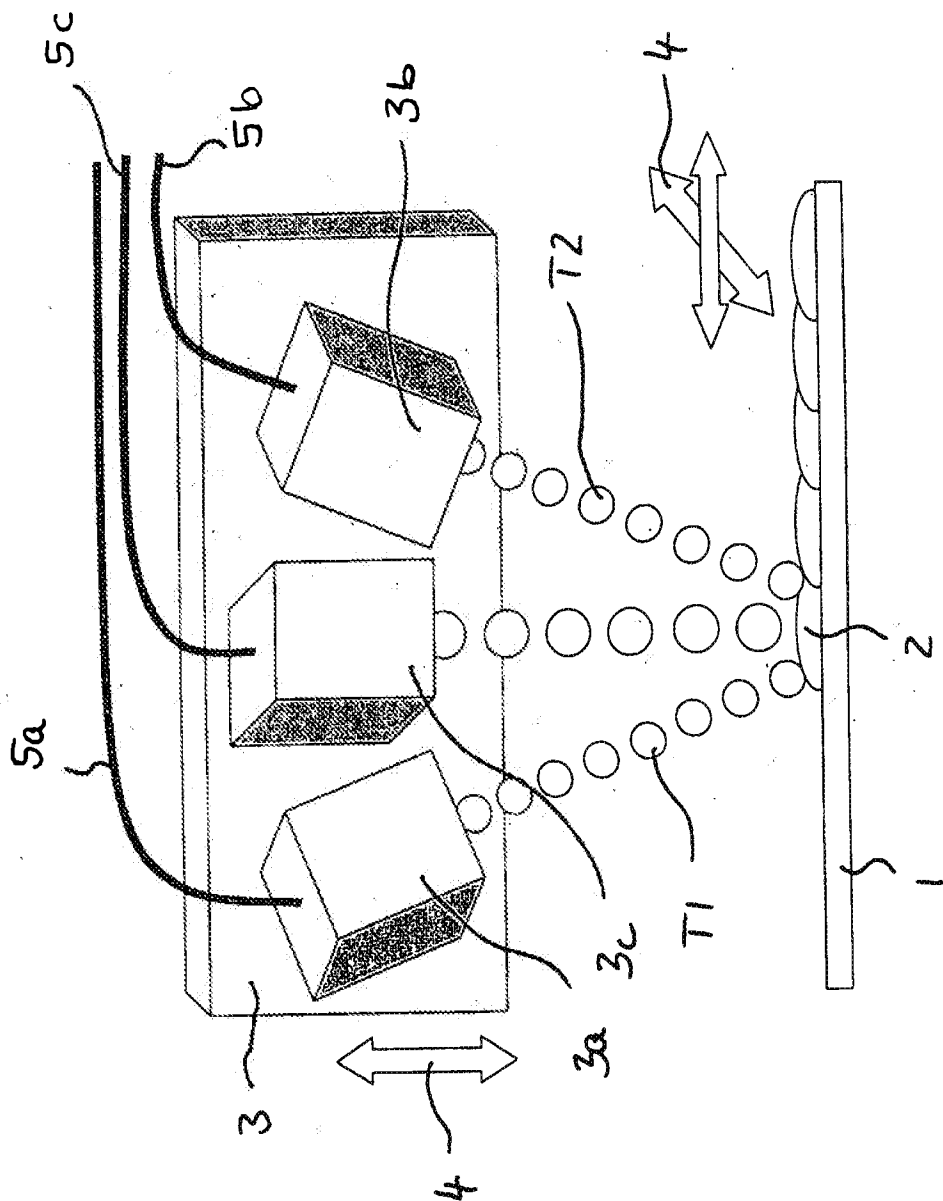


Fig. 2

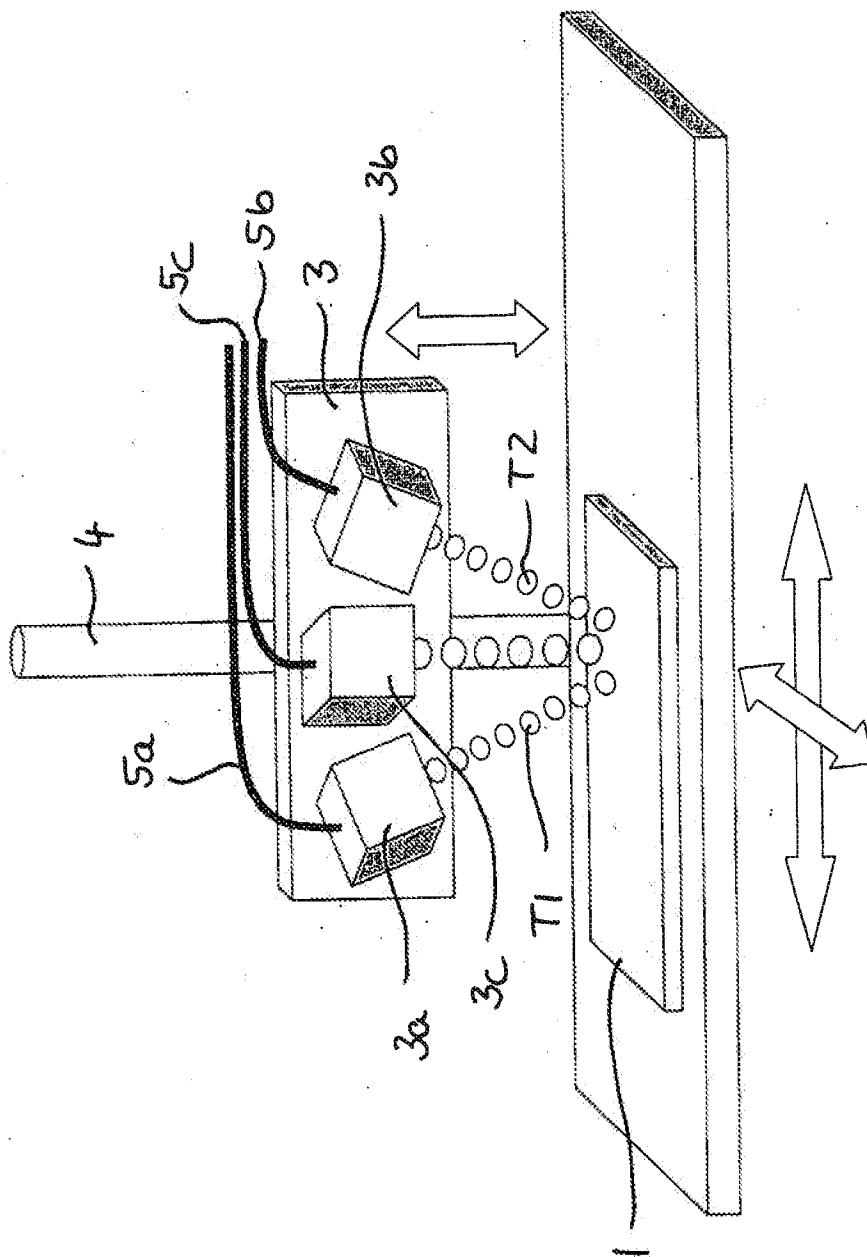


Fig. 3

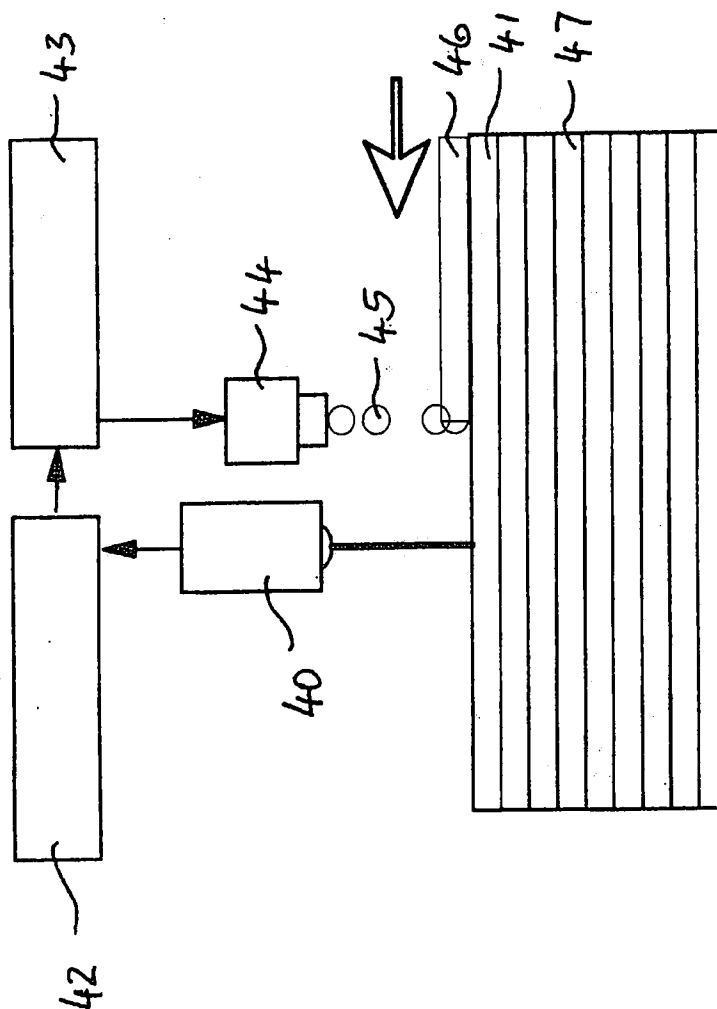


Fig. 4

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International Application No
PCT/DE2005/000950

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER
IPC 7 B29C67/00

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)
IPC 7 B29C

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practical, search terms used)

EPO-Internal, WPI Data

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category *	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	US 6 165 406 A (JANG ET AL) 26 December 2000 (2000-12-26)	1,5,6,17
Y	column 11, line 24 - column 12, line 54; figures 1,2 column 12, line 64 - column 13, line 57; figure 5 column 14, line 11 - column 15, line 12; figure 4 column 18, line 28 - line 41 column 21, line 41 - column 22, line 24 -----	4,7,12
Y	WO 03/016067 A (Z CORPORATION) 27 February 2003 (2003-02-27) page 20, line 4 - line 22; claim 1 ----- -/--	4,7

☒ Further documents are listed in the continuation of box C.

☒ Patent family members are listed in annex.

* Special categories of cited documents:

- *A* document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance
- *E* earlier document but published on or after the international filing date
- *L* document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)
- *O* document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means
- *P* document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

- *T* later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention
- *X* document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone
- *Y* document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art.
- *A* document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search

10 October 2005

Date of mailing of the international search report

18/10/2005

Name and mailing address of the ISA
European Patent Office, P.B. 5818 Patentlaan 2
NL - 2280 HV Rijswijk
Tel. (+31-70) 340-2040, Tx. 31 651 epo nl,
Fax: (+31-70) 340-3016

Authorized officer

Pierre, N

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International Application No
PCT/DE2005/000950

C.(Continuation) DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT		
Category *	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
Y	AU 720 255 B2 (GUILD ASSOCIATES, INC) 25 May 2000 (2000-05-25)	12
A	page 40, line 34 - page 42, line 26 claims 1,5	1-11, 13-17
A	EP 1 415 792 A (Z CORPORATION) 6 May 2004 (2004-05-06) paragraph '0040! paragraphs '0084! - '0098!; figure 3 claims 40-42	1-17
P,A	EP 1 442 870 A (HEWLETT-PACKARD DEVELOPMENT COMPANY, L.P) 4 August 2004 (2004-08-04) paragraph '0024! - paragraph '0035!; figure 2 paragraph '0044! - paragraph '0045!; figures 3a,3b	1-17
A	WO 2004/010907 A (THERICS, INC) 5 February 2004 (2004-02-05) claims 1,18,19 page 33, line 25 - line 30 page 36, line 1 - line 5	1-17
A	US 6 164 850 A (SPEAKMAN ET AL) 26 December 2000 (2000-12-26) column 4, line 57 - column 5, line 36; figures 1-4	3

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Information on patent family members

International Application No

PCT/DE2005/000950

Patent document cited in search report		Publication date	Patent family member(s)	Publication date
US 6165406	A	26-12-2000	NONE	
WO 03016067	A	27-02-2003	CA 2447573 A1 EP 1385704 A2 JP 2004538191 T	27-02-2003 04-02-2004 24-12-2004
AU 720255	B2	25-05-2000	AT 220958 T AU 5359396 A DE 69622592 D1 DE 69622592 T2 EP 0904158 A1 JP 2000506080 T	15-08-2002 22-09-1997 29-08-2002 27-02-2003 31-03-1999 23-05-2000
EP 1415792	A	06-05-2004	NONE	
EP 1442870	A	04-08-2004	JP 2004230895 A US 2004159978 A1	19-08-2004 19-08-2004
WO 2004010907	A	05-02-2004	AU 2003256850 A1 EP 1526822 A1	16-02-2004 04-05-2005
US 6164850	A	26-12-2000	AT 217580 T AU 2973597 A DE 69712622 D1 DE 69712622 T2 DK 915760 T3 EP 0915760 A2 ES 2176742 T3 WO 9748557 A2 PT 915760 T US 6402403 B1	15-06-2002 07-01-1998 20-06-2002 02-01-2003 09-09-2002 19-05-1999 01-12-2002 24-12-1997 31-10-2002 11-06-2002

INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Internationales Aktenzeichen

PCT/DE2005/000950

A. KLASSIFIZIERUNG DES ANMELDUNGSGEGENSTANDES
IPK 7 B29C67/00

Nach der Internationalen Patentklassifikation (IPK) oder nach der nationalen Klassifikation und der IPK

B. RECHERCHIERTE GEBIETE

Recherchierter Mindestprüfstoff (Klassifikationssystem und Klassifikationssymbole)
IPK 7 B29C

Recherchierte aber nicht zum Mindestprüfstoff gehörende Veröffentlichungen, soweit diese unter die recherchierten Gebiete fallen

Während der Internationalen Recherche konsultierte elektronische Datenbank (Name der Datenbank und evtl. verwendete Suchbegriffe)

EPO-Internal, WPI Data

C. ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN

Kategorie*	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
X	US 6 165 406 A (JANG ET AL) 26. Dezember 2000 (2000-12-26)	1,5,6,17
Y	Spalte 11, Zeile 24 - Spalte 12, Zeile 54; Abbildungen 1,2 Spalte 12, Zeile 64 - Spalte 13, Zeile 57; Abbildung 5 Spalte 14, Zeile 11 - Spalte 15, Zeile 12; Abbildung 4 Spalte 18, Zeile 28 - Zeile 41 Spalte 21, Zeile 41 - Spalte 22, Zeile 24 -----	4,7,12
Y	WO 03/016067 A (Z CORPORATION) 27. Februar 2003 (2003-02-27) Seite 20, Zeile 4 - Zeile 22; Anspruch 1 ----- -/-	4,7



Weitere Veröffentlichungen sind der Fortsetzung von Feld C zu entnehmen



Siehe Anhang Patentfamilie

* Besondere Kategorien von angegebenen Veröffentlichungen :

A Veröffentlichung, die den allgemeinen Stand der Technik definiert, aber nicht als besonders bedeutsam anzusehen ist

E älteres Dokument, das jedoch erst am oder nach dem internationalen Anmeldedatum veröffentlicht worden ist

L Veröffentlichung, die geeignet ist, einen Prioritätsanspruch zweifelhaft erscheinen zu lassen, oder durch die das Veröffentlichungsdatum einer anderen im Recherchenbericht genannten Veröffentlichung belegt werden soll oder die aus einem anderen besonderen Grund angegeben ist (wie ausgeführt)

O Veröffentlichung, die sich auf eine mündliche Offenbarung, eine Benutzung, eine Ausstellung oder andere Maßnahmen bezieht

P Veröffentlichung, die vor dem internationalen Anmeldedatum, aber nach dem beanspruchten Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist

T Spätere Veröffentlichung, die nach dem internationalen Anmeldedatum oder dem Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist und mit der Anmeldung nicht kollidiert, sondern nur zum Verständnis des der Erfindung zugrundeliegenden Prinzips oder der ihr zugrundeliegenden Theorie angegeben ist

X Veröffentlichung von besonderer Bedeutung, die beanspruchte Erfindung kann allein aufgrund dieser Veröffentlichung nicht als neu oder auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden

Y Veröffentlichung von besonderer Bedeutung, die beanspruchte Erfindung kann nicht als auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden, wenn die Veröffentlichung mit einer oder mehreren anderen Veröffentlichungen dieser Kategorie in Verbindung gebracht wird und diese Verbindung für einen Fachmann nahelegend ist

Z Veröffentlichung, die Mitglied derselben Patentfamilie ist

Datum des Abschlusses der internationalen Recherche

10. Oktober 2005

Absenddatum des internationalen Recherchenberichts

18/10/2005

Name und Postanschrift der internationalen Recherchenbehörde
Europäisches Patentamt, P.B. 5818 Patentlaan 2
NL - 2280 HV Rijswijk
Tel. (+31-70) 340-2040, Tx. 31 651 epo nl,
Fax: (+31-70) 340-3016

Bevollmächtigter Bediensteter

Pierre, N

INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Internationales Aktenzeichen

PCT/DE2005/000950

C.(Fortsetzung) ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN		
Kategorie*	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
Y	AU 720 255 B2 (GUILD ASSOCIATES, INC) 25. Mai 2000 (2000-05-25)	12
A	Seite 40, Zeile 34 - Seite 42, Zeile 26 Ansprüche 1,5 -----	1-11, 13-17
A	EP 1 415 792 A (Z CORPORATION) 6. Mai 2004 (2004-05-06) Absatz '0040! Absätze '0084! - '0098!; Abbildung 3 Ansprüche 40-42 -----	1-17
P,A	EP 1 442 870 A (HEWLETT-PACKARD DEVELOPMENT COMPANY, L.P) 4. August 2004 (2004-08-04) Absatz '0024! - Absatz '0035!; Abbildung 2 Absatz '0044! - Absatz '0045!; Abbildungen 3a,3b -----	1-17
A	WO 2004/010907 A (THERICS, INC) 5. Februar 2004 (2004-02-05) Ansprüche 1,18,19 Seite 33, Zeile 25 - Zeile 30 Seite 36, Zeile 1 - Zeile 5 -----	1-17
A	US 6 164 850 A (SPEAKMAN ET AL) 26. Dezember 2000 (2000-12-26) Spalte 4, Zeile 57 - Spalte 5, Zeile 36; Abbildungen 1-4 -----	3

INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Angaben zu Veröffentlichung, die zur selben Patentfamilie gehören

Internationales Aktenzeichen

PCT/DE2005/000950

Im Recherchenbericht angeführtes Patentdokument		Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie	Datum der Veröffentlichung
US 6165406	A	26-12-2000	KEINE	
WO 03016067	A	27-02-2003	CA 2447573 A1	27-02-2003
			EP 1385704 A2	04-02-2004
			JP 2004538191 T	24-12-2004
AU 720255	B2	25-05-2000	AT 220958 T	15-08-2002
			AU 5359396 A	22-09-1997
			DE 69622592 D1	29-08-2002
			DE 69622592 T2	27-02-2003
			EP 0904158 A1	31-03-1999
			JP 2000506080 T	23-05-2000
EP 1415792	A	06-05-2004	KEINE	
EP 1442870	A	04-08-2004	JP 2004230895 A	19-08-2004
			US 2004159978 A1	19-08-2004
WO 2004010907	A	05-02-2004	AU 2003256850 A1	16-02-2004
			EP 1526822 A1	04-05-2005
US 6164850	A	26-12-2000	AT 217580 T	15-06-2002
			AU 2973597 A	07-01-1998
			DE 69712622 D1	20-06-2002
			DE 69712622 T2	02-01-2003
			DK 915760 T3	09-09-2002
			EP 0915760 A2	19-05-1999
			ES 2176742 T3	01-12-2002
			WO 9748557 A2	24-12-1997
			PT 915760 T	31-10-2002
			US 6402403 B1	11-06-2002